



Polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie : cas de la ville de Paris

Johnny Gasperi, Stéphane Garnaud, Vincent Rocher, Régis Moilleron

► To cite this version:

Johnny Gasperi, Stéphane Garnaud, Vincent Rocher, Régis Moilleron. Polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie : cas de la ville de Paris. Journées Franco-Brésiliennes en Hydrologie Urbaine, Paris, France. 2010. hal-01115309

HAL Id: hal-01115309

<https://hal.science/hal-01115309>

Submitted on 10 Feb 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie : cas de la ville de Paris

Johnny Gasperi^{1*}, Stéphane Garnaud², Vincent Rocher³, Régis Moilleron¹

1. Université Paris-Est, LEESU, UMR MA102 - AgroParisTech, 61 avenue du Gal de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France.

2. Mairie de Paris, Direction de la Propreté et de l'Eau, Service technique de l'eau et de l'assainissement, 27 rue du Commandeur 75014 Paris, France.

3. SIAAP, Direction du Développement et de la Prospective, 82 avenue Kléber, 92700 Colombes, France.

* Contact / Corresponding authors: gasperi@univ-paris12.fr

Résumé

Ce travail porte sur les campagnes de mesure initiées par la Ville de Paris et l'Agence de l'Eau Seine - Normandie sur les rejets urbains de temps de pluie (RUTP) au sein du réseau unitaire parisien. Parmi les 66 substances recherchées dans les RUTP, 40 composés dont 12 dangereux prioritaires ont été observés. La plupart des métaux a été très souvent quantifiée. Pour les chlorobenzènes et la plupart des produits phytosanitaires, les concentrations sont inférieures aux limites de quantification, tandis que la majorité des autres polluants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), organoétains, composés organiques volatils, phtalates et alkylphénols), à l'exception du diéthylhexylphthalate (DEHP), présentent globalement des concentrations de l'ordre du $\mu\text{g.l}^{-1}$. La comparaison entre les flux de polluants déversés en Seine au cours de l'événement pluvieux étudié et les flux de polluants véhiculés par le fleuve sur une même période de temps sec souligne un impact important des RUTP pour les métaux, les HAP et le DEHP.

Mots clés: RUTP, polluants prioritaires, urbain, Directive Cadre Européenne

Abstrat

This study was launched to furnish data on both priority pollutant (PP) occurrence and concentrations in combined sewer overflows (CSOs). Hence, one rain event was studied on 13 sites within the Paris sewer network. For each sample, a total of 66 substances, including metals, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), pesticides, organotins, volatile organic compounds, chlorobenzenes, phthalates and alkylphenols were analysed. Of the 66 analyzed compounds, 40 PPs including 12 priority hazardous substances were detected in CSOs. Most metals were present in all samples. Chlorobenzenes and most pesticides were never quantified above the limit of quantification while most of the other organic pollutants but DEHP (median concentration $22 \mu\text{g.l}^{-1}$) were found in the $\mu\text{g.l}^{-1}$ range. For the rain event studied, the pollutant loads discharged by CSOs were evaluated and then compared to the pollutant loads conveyed by the Seine River. Under the hydraulic conditions considered and according to the estimations done, this comparison highlights that CSOs are potentially a significant local source of metals, PAHs and DEHP.

Keyword: Combined sewer overflows, priority pollutants, urban area, Water Framework Directive

I. Introduction

L'adoption en France de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) se traduit actuellement à l'échelle de chaque bassin hydrologique par la révision des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Dans le cadre de cette révision, des programmes de surveillance ont été mis en place fin 2006 afin de s'assurer, par le suivi de l'état des eaux et des milieux aquatiques, que les objectifs seront bien respectés, que les actions mises en œuvre pour atteindre les objectifs seront suffisamment efficaces et que toute source d'altération de l'état des milieux aquatiques pourra être identifiée.

Les rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sont une source probable d'altération du milieu naturel et devaient donc être à ce titre étudiés. Bien que l'impact des RUTP sur les milieux récepteurs a été clairement démontré par le passé pour la matière organique ou l'azote (Chebbo et Saget, 1995, Eganhouse et Sherblom 2001, Even *et al.*, 2007), peu d'études se sont intéressées aux polluants prioritaires dans les RUTP. Les études actuellement disponibles traitent plus généralement des eaux usées ou des rejets de stations d'épuration (Palmquist et Hanæus, 2005, Rule *et al.*, 2006a, b).

Consciente de ce manque de données, la Ville de Paris a initié, avec le soutien de l'Agence de l'Eau Seine - Normandie, des campagnes de mesure sur les RUTP au sein du réseau d'assainissement unitaire parisien. Afin de couvrir l'intégralité de Paris *intra-muros* (105 km², 2,15 millions d'habitants), 13 sites du réseau parisien correspondant à des émissaires (n = 9) et déversoirs d'orage (n = 4) principaux ont été considérés. Les 33 substances ou groupes de substances recensés par la DCE ont été recherchés pour chaque échantillon. A ces substances, 25 composés ont été ajoutés, portant ainsi à 66 le nombre total de composés individuels dosés. Parmi ces substances, on recense 7 métaux (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) et 8 familles de composés organiques (organoétains, chlorobenzènes, composés organiques volatils (COV), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), produits phytosanitaires, alkylphénols, phtalates et autres).

Cet article présente les résultats obtenus dans le cadre de cette étude. Sa première finalité est d'examiner pour l'ensemble des polluants prioritaires la fréquence de détection (ou occurrence) des polluants et l'importance de leurs concentrations dans les RUTP. A l'échelle de l'événement pluvieux étudié, sa seconde finalité est d'évaluer l'importance des flux de polluants déversés en Seine au cours de l'événement étudié comparativement aux flux de polluants véhiculés en Seine sur une même période de temps sec.

II. Matériels et méthodes

Sites de mesure

Paris *intra-muros* s'étend sur une surface totale de 105 km² et présente une population avoisinant 2,15 millions d'habitants. Afin de couvrir géographiquement l'intégralité de la surface d'étude, 13 sites ont été sélectionnés. Parmi ces sites, on en retrouve 4 caractérisant les entrées d'eaux usées dans le réseau parisien (Figure 1 - flèches hachurées), 5 caractérisant les sorties du réseau d'assainissement vers les ouvrages de transport du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) et 4 déversoirs d'orages permettant d'évaluer les rejets vers la Seine par temps de pluie (Figure 1 - rond plein). Ces sites ont été sélectionnés puisqu'ils représentent les émissaires et les déversoirs d'orages les plus importants du réseau parisien. Un seul événement pluvieux a été étudié (pluie du 14 septembre 2006). Pour cet événement, les échantillons ont été collectés au moyen d'un préleveur automatique équipé d'un tuyau de prélèvement en téflon® et de 24 flacons en polyéthylène de 1 litre préalablement lavés à

l'eau ultra-pure déionisée. Bien que la plupart des équipes de recherche travaillant sur les polluants organiques préconisent un flaconnage en verre préalablement lavé et grillé pour garantir la représentativité des résultats obtenus, cette contrainte technique n'a pu être respectée.



Figure 1 : sites d'échantillonnage au sein du réseau t parisien (tiré de Gasperi *et al.*, 2008)

Substances prioritaires

Selon la liste de substances ou groupes de substances prioritaires établie par la DCE, 37 substances individuelles ont été initialement identifiées. Pour chaque famille de polluants, de 1 à 9 composés jugés pertinents ont été ajoutés, portant ainsi à 66 le nombre total de composés dosés (Tableau 1). Ces 66 substances se répartissent en 9 groupes de substances. Au total, 7 métaux (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) et 59 composés organiques ont été étudiés. Pour chaque famille, la liste exhaustive des composés considérés est spécifiée dans Gasperi *et al.* (2008).

Tableau 1 : polluants prioritaires analysés et méthodes analytiques associées

Famille	Nombre DCE	Nombre total	Méthode analytique
Métaux	4	7	ICP-AES / AFS
Organoétains	1	3	CG-SM
Chlorobenzènes	3	3	CG-SM
COV	5	8	CG-SM
HAP	8	16	HPLC-Fluo
Phyosanitaires	11	20	CG-SM / CL-SM
Alkylphénols	2	2	CG-SM
Phtalates	1	5	CG-SM
Autres	2	2	CG-SM
Σ 37*		Σ 66	

* Nombre de substances individuelles considérées par la liste de la DCE

Les analyses ont été réalisées sur la fraction totale (fraction dissoute et particulaire) par le même laboratoire. Après avoir été extraits par extraction liquide - liquide, les polluants organiques ont été dosés soit par chromatographie liquide ou gazeuse couplée à un

spectromètre de masse (CL-MS et CG-MS) soit par chromatographie liquide haute performance couplée à un fluorimètre (HPLC-Fluo). Conformément aux normes NF EN ISO 11885 et NF EN 13506, les métaux ont été quantifiés au moyen d'un spectromètre d'émission atomique dont la source est constituée par un plasma d'argon produit par couplage inductif (ICP-AES) et d'un spectromètre de fluorescence atomique (AFS).

III. Résultats et discussions

Fréquence de détection et concentrations des polluants dans les RUTP

Quels que soient les polluants considérés, aucune différence significative de concentrations n'a été observée entre les RUTP collectés au sein des émissaires amont et aval mais aussi entre les émissaires et les déversoirs d'orage. Ce premier résultat suggère que la qualité des RUTP est globalement comparable au sein du réseau d'assainissement unitaire parisien. Même si cette tendance n'a pas encore été observée à l'échelle globale du réseau parisien, cette observation n'est pas surprenante dans la mesure où les effluents entrants dans le réseau parisien sont issus de bassins versants présentant des densités de populations proches et un plan d'occupation des sols comparable.

Parmi les 66 molécules recherchées, 40 composés dont 12 substances dangereuses prioritaires ont été détectés dans les RUTP. Les concentrations totales mesurées à l'échelle de l'événement pluvieux (concentrations minimales, médianes et maximales) ainsi que la fréquence de détection des composés (%) sont récapitulées dans le Tableau 2. La limite de quantification est également stipulée pour chaque composé. Les résultats complets de cette étude pour l'ensemble des molécules étudiées sont détaillés dans Gasperi *et al.* (2008).

Parmi les 7 métaux analysés, le Cu, le Hg, le Pb et le Zn sont très fréquemment détectés dans les RUTP (fréquences de détection comprises entre 92 et 10 %), tandis que les autres métaux (Cd, Cr et Ni) sont détectés moins fréquemment. Le Zn (concentration médiane à 682 $\mu\text{g.l}^{-1}$), le Cu (68 $\mu\text{g.l}^{-1}$) et dans une moindre mesure le Pb (39 $\mu\text{g.l}^{-1}$) présentent les concentrations les plus élevées, tandis que les autres métaux n'excèdent que rarement les limites de quantification (Tableau 2). Globalement, les concentrations en Cu, Pb et Zn dans les RUTP sont supérieures d'un facteur 2 à 6 à celles des eaux usées sur ces mêmes sites (Gasperi *et al.*, 2008). La différence entre les concentrations des eaux usées et des RUTP découle, d'une part, des concentrations élevées en métaux dans les eaux de ruissellement (Gromaire, 1998) et, d'autre part, de l'érosion des sédiments présents en réseau d'assainissement (Kafi, 2006). Une étude récente menée par Kafi (2006) sur la contribution des eaux usées, des eaux de ruissellement et de l'érosion des stocks aux flux métalliques de temps de pluie a en effet révélé que la majeure partie du Cu résulte de l'érosion des dépôts, tandis que les eaux de ruissellement sont une source prédominante de Cd, Pb et Zn. La présence de ces éléments dans les eaux de ruissellement est parfaitement connue et très bien documentée. Pour le ruissellement de chaussées, ces métaux proviennent essentiellement des véhicules et de leur lessivage (Legret et Pagotto, 1999, Sörme et Lagerkvist, 2002). Dans le cas des eaux de ruissellement de toitures, la contamination métallique est imputée à la corrosion des couvertures métalliques et des éléments constitutifs de ces toitures (Gromaire, 1998, Rocher *et al.*, 2004).

Pour les HAP, et selon le composé considéré, les concentrations individuelles fluctuent entre $< 0,02$ et $0,14 \mu\text{g.l}^{-1}$. Le fluoranthène et le chrysène sont prédominants, représentant à eux deux environ 40 % des HAP totaux. Comme précédemment mentionné pour les métaux, les niveaux observés dans les RUTP sont supérieurs à ceux rencontrés pour les eaux usées (Gasperi *et al.*, 2008). Ces concentrations élevées résultent d'une part de l'érosion des dépôts au sein du réseau et d'autre part des concentrations importantes en

HAP des eaux de ruissellement. Les HAP présents dans les eaux de ruissellement proviennent principalement des émissions automobiles (combustion incomplète). Une étude menée sur le bassin versant du Marais a montré que les eaux de ruissellement, l'érosion des stocks et les eaux usées contribuent respectivement à 34, 55 et 11 % au flux de temps de pluie (Gasperi *et al.*, 2007).

Tableau 2 : concentrations totales ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des polluants prioritaires dans les RUTP (n= 13)

Groups	Compounds ⁽¹⁾	LQ ⁽²⁾	Médiane ⁽³⁾	Min	Max	% ⁽⁴⁾
Métaux	Cd*	1	<	<	2,1	23
	Cr	10	<	<	158	8
	Cu	10	68	38	1 180	100
	Hg*	0,01	0,10	<	0,45	92
	Ni	10	<	<	19	8
	Pb*	0,2	39	10	117	100
	Zn	10	682	248	3,525	100
HAP	Phénanthrène (P)	0,02	0,06	<	0,42	54
	Anthracène* (A)	0,02	<	<	0,06	33
	Fluoranthène (Fluo)	0,01	0,14	0,04	0,50	100
	Pyrène (Pyr)	0,02	<	<	0,53	46
	Benzo(a)anthracène (B(a)A)	0,02	0,06	0,03	0,19	100
	Chrysène	0,02	0,14	<	0,33	69
	Benzo(a)pyrène* (B(a)P)	0,01	0,06	<	0,24	92
	Benzo(b)fluoranthène* (B(b)F)	0,02	0,08	<	0,24	92
	Benzo(k)fluoranthène* (B(k)F)	0,03	0,04	<	0,13	85
	Benzo(ghi)pérylène* (BP)	0,01	0,05	<	0,18	92
	Indeno(cd)pyrène* (IP)	0,03	0,04	<	0,13	62
	Benzo(1,2)fluorène (B(12)F)	0,02	<	<	0,12	31
Pesticides	Diazinon	0,02	<	<	1,05	15
	Diflufenican	0,02	<	<	2,75	23
	Diuron*	0,02	1,40	0,09	16,00	100
	Oxadiazon	0,02	0,15	<	0,54	77
	Propiconazole	0,06	0,15	<	0,21	57
	Terbutryn	0,06	<	<	0,16	31
COV	Benzène	1,0	1,0	<	1,0	85
	Toluène	1,0	<	<	6,7	46
	Dichlorométhane	20	<	<	477	8
	Chloroforme	1,0	1,8	1,1	3,0	100
	Trichloroéthylène	1,0	1,1	<	8,3	62
	Tétrachloroéthylène	1,0	3,9	<	58	77
Organoétain	Dibutyl étain	5	16	<	36	92
	Monobutyl étain	5	28	<	57	100
	Tributyl étain	5	<	<	50	31
Alkylphénols	4-para-nonylphénol ⁽⁵⁾	0,03	<	<	0,04	31
	para-tert-octylphénol*	0,01	0,20	0,09	0,62	100
Phtalates	Diéthylexyl phtalate* (DEHP)	0,10	22	5	188	100
	Diéthyl phtalate (DEP)	0,10	<	<	2,90	38
	Di-n-butyl phtalate (DnBP)	0,10	0,54	<	0,68	50
	Benzylbutyl phtalate (BBP)	0,10	<	<	0,32	17

(1) Les composés annotés par un astérisque sont des substances dangereuses prioritaires, (2) LQ = limite de quantification ($\mu\text{g.l}^{-1}$), < = inférieur à la LQ, (3) médiane = concentration médiane ($\mu\text{g.l}^{-1}$), cette concentration a été calculée lorsque la fréquence de détection est supérieure à 50 %, (4) % = fréquence de détection ou occurrence, (5) 4-para-nonylphenol: les résultats ne réfèrent pas au mélange d'isomères des para-nonylphénols, mais à un seul isomère.

Enfin, la distribution en HAP dominée par les HAP de haut poids moléculaires (de 4 à 6 cycles benzéniques) témoigne d'une contamination d'origine pyrolytique (Soclo *et al.*, 2000).

Parmi les 20 produits phytosanitaires recherchés dans les RUTP, 6 composés ont été détectés dans les RUTP (diazinon, diflufenican, diuron, oxadiazon, propiconazole et terbutryn, Tableau 2). De ces composés, seul le diuron a été systématiquement observé. Les concentrations par temps de pluie (médiane à $1,40 \mu\text{g.l}^{-1}$) s'avèrent supérieures à celles observées par temps sec (médiane à $0,24 \mu\text{g.l}^{-1}$, Gasperi *et al.*, 2008). La présence marquée du diuron dans les eaux usées et les RUTP découle de son utilisation intensive sur Paris. Ce pesticide fut en effet un des pesticides les plus utilisés sur l'agglomération parisienne par les services des voiries et des espaces verts pour l'entretien des routes et des parcs municipaux, mais aussi par les particuliers pour l'entretien de leur jardin privatif (Blanchoud *et al.*, 2007). L'utilisation de ce pesticide est depuis décembre 2008 interdite. Les niveaux importants de diuron dans les RUTP sont très probablement attribuables au lessivage des surfaces urbaines au cours de l'événement pluvieux. Blanchoud *et al.* (2007) considèrent en effet qu'une part importante des pesticides récemment appliqués sur des surfaces urbaines imperméabilisées peut être remobilisée. Les autres composés, détectés dans une moindre mesure (diazinon, oxadiazon, propiconazole et terbutryn) correspondent également à des herbicides couramment employés pour le désherbage. A l'instar du diuron, on peut supposer que la présence de ces substances dans les RUTP résulte du lessivage des surfaces urbaines.

Pour les COV, 6 composés ont été quantifiés. Alors que le benzène est présent dans la majorité des échantillons mais à des concentrations proches de la limite de quantification ($1,0 \mu\text{g.l}^{-1}$), les autres composés (chloroforme, tri- et tétra-chloroéthylène) reflètent des concentrations entre $1,1$ et $3,9 \mu\text{g.l}^{-1}$. Les concentrations de tétrachloroéthylène s'avèrent supérieures à celles observées par Gasperi *et al.* (2008) en période de temps sec sur les mêmes sites. Ces différences pourraient probablement résulter du lessivage de l'atmosphère au cours de l'événement.

Cinq phtalates ont été recherchés - diéthylhexyl phtalate (DEHP), diméthyl phtalate (DMP), diéthyl phtalate (DEP), di-n-butyl phtalate (DnBP) et benzylbutyl phtalate (BBP). Parmi ces composés, le DEHP est majoritaire avec des concentrations comprises entre 5 et $188 \mu\text{g.l}^{-1}$ (concentration médiane égale à $22 \mu\text{g.l}^{-1}$). Le DnBP est également fréquemment observé mais à des concentrations plus faibles (de $< 0,10$ à $0,68 \mu\text{g.l}^{-1}$, Tableau 2). Des fortes concentrations dans les RUTP en phtalates, et plus particulièrement en DEHP, n'est pas surprenante dans la mesure où des concentrations élevées sont reportées dans les eaux usées (Gasperi *et al.*, 2008) et les eaux de ruissellement (Dargnat *et al.*, 2009). La présence des phtalates dans les eaux usées résulte principalement de l'utilisation intensive de ces additifs dans les matières plastiques et d'autres matériaux, principalement pour les rendre souples et flexibles. Les phtalates sont en effet les plastifiants le plus communément utilisés dans le monde et, de ce fait, sont retrouvés à des concentrations relativement importantes dans les eaux usées. La prédominance du DEHP dans les eaux usées s'explique dans la mesure où il représente le plastifiant le plus utilisé dans les matériaux à usage domestique.

Pour les alkylphénols, l'octylphénol (OP) a été détecté dans les RUTP à des concentrations variant entre $0,09$ et $0,62 \mu\text{g.l}^{-1}$ (médiane égale à $0,20 \mu\text{g.l}^{-1}$). Globalement, les concentrations obtenues pour ce composé semblent cohérentes par rapport aux concentrations reportées par Giger *et al.* (2009) pour les eaux usées. Contrairement à l'OP, le nonylphénol a été détecté seulement dans environ 30 % des échantillons et à des

concentrations relativement faibles ($< 0,03 \mu\text{g.l}^{-1}$). Ce résultat inhabituel vis-à-vis de la distribution de l'OP et du NP (20 et 80 % respectivement selon Ying *et al.*, 2002) et des concentrations reportées dans la littérature laisse à penser que, dans le cas de notre étude, seul un isomère du 4-para-nonylphénol a été recherché par le laboratoire prestataire et non l'ensemble des isomères.

Flux de polluants déversés en Seine par les RUTP

La seconde partie de ce travail vise à comparer à l'échelle de l'événement pluvieux étudié les flux de polluants déversés en Seine par les RUTP aux flux de polluants véhiculés en Seine sur une même période de temps sec. Cette comparaison reflète un scénario extrême puisque le volume total déversé en Seine au cours de cet événement est important ($562\,000 \text{ m}^3$ à l'échelle de l'agglomération parisienne) et que le débit de la Seine à cette période est relativement faible ($140 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à la station de mesure d'Austerlitz). En se basant sur les observations de Kafi *et al.* (2008) indiquant que la qualité des RUTP ne varie pas significativement au sein du réseau parisien mais également sur nos propres observations, il a été considéré que les déversoirs d'orages non instrumentés au cours de cet événement déversent des effluents de même qualité. Pour établir cette comparaison, les flux de polluants véhiculés par la Seine par temps sec ont été estimés à partir des concentrations reportées pour cette rivière dans la littérature (Cailleaud *et al.*, 2007, Teil *et al.*, 2007, Gasperi *et al.*, 2009), du débit de la rivière ($140 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) et de la durée de l'événement (4h).

Les flux de polluants déversés en Seine et ceux véhiculés par temps sec sont illustrés sur la Figure 2. Selon les hypothèses de calcul retenues, les RUTP apparaissent une source importante de métaux, de HAP et de DEHP, comparativement aux flux véhiculés par temps sec. Cet impact est clairement mis en évidence pour les métaux, pour lesquels les flux déversés sont de 5 à 8 fois supérieurs aux flux de temps sec pour le Cu, le Hg et le Pb et jusqu'à 20 fois pour le Zn. Ces calculs corroborent les observations d'Estebe *et al.* (1997) et témoignent de l'importance de la contamination métallique des RUTP par rapport au milieu récepteur. Comme précédemment expliqué, cette forte contamination résulte des fortes concentrations métalliques observées dans les eaux de ruissellement de chaussées et de toitures (80 % des toitures parisiennes sont en zinc ou équipées d'éléments métalliques).

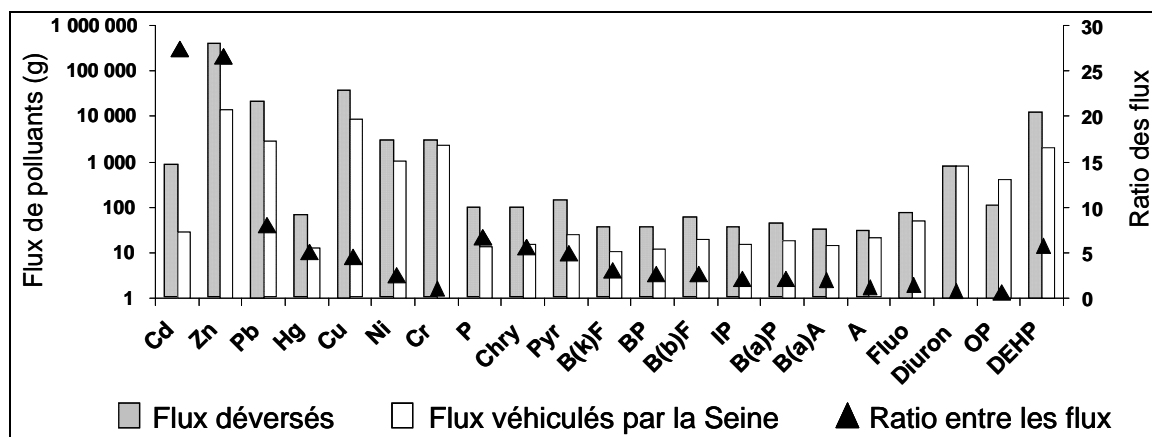


Figure 2 : comparaison des flux de polluants déversés par les RUTP (événement du 14 septembre 2006) à ceux véhiculés par la Seine sur la même période de temps sec

Pour les HAP, les flux déversés par les RUTP apparaissent importants comparativement aux flux de temps sec. Selon le composé considéré, les flux de RUTP sont de 2 (cas du phénanthrène) à 7 (fluoranthène) fois supérieurs aux flux véhiculés en Seine par temps sec. Finalement, les RUTP semblent également déversés des quantités non négligeable de

DEHP par rapport aux flux de temps sec puisque le rapport entre les flux de temps de pluie et ceux de temps sec est égal à 6. Ce résultat confirme pour ce composé les observations de Welker (2007) suggérant que les RUTP sont susceptibles d'être une source significative de DEHP du milieu récepteur.

IV. Conclusions

Cette étude confirme qu'un nombre important de substances prioritaires sont présentes dans les RUTP. Parmi les 66 substances recherchées, 40 polluants dont 12 dangereux prioritaires ont été observés. Quatre des 7 métaux suivis ont été régulièrement quantifiés, confirmant leur ubiquité. Pour les chlorobenzènes et la plupart des produits phytosanitaires, les concentrations mesurées dans les RUTP sont inférieures aux limites de quantification (variant de 0,01 à 0,06 $\mu\text{g.l}^{-1}$), tandis que la majorité des autres polluants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, organoétains, composés organiques volatils, phtalates et alkylphénols) à l'exception du DEHP (concentration médiane égale à 22 $\mu\text{g.l}^{-1}$) présentent globalement des concentrations de l'ordre du $\mu\text{g.l}^{-1}$.

A l'échelle de l'événement pluvieux considéré, l'évaluation des flux déversés par les RUTP et ceux véhiculés par la Seine sur la même période de temps sec souligne que les RUTP peuvent être une source importante de métaux, de HAP et de DEHP. Selon nos hypothèses de calcul et à l'échelle de l'événement étudié, ce travail démontre que les flux déversés par les RUTP sont pour la plupart des polluants supérieurs aux flux véhiculés par temps sec. Il convient de rappeler cependant que les calculs établis correspondent à un scénario extrême correspondant à un déversement important de RUTP en période d'étiage de la Seine. Ce cas de figure peut arriver occasionnellement en été où d'importants volumes de RUTP peuvent être déversés en Seine.

Afin de mieux cerner l'impact des RUTP sur les flux de polluants prioritaires en Seine, des bilans de masse à l'échelle annuelle doivent être réalisés. Pour atteindre cet objectif, des données supplémentaires sur la qualité des RUTP mais également sur la Seine sont nécessaires.

V. Références bibliographiques

- Blanchoud H., Moreau-Guigon E., Farrugia F., Chevreuil M. et Mouchel JM. (2007). Contribution by urban and agricultural pesticide uses to water contamination at the scale of the Marne watershed. *Sci. Total Environ.* 375(1-3), 168-179.
- Cailleaud K., Forget-Leray J., Souissi S., Hilde D., LeMenach K. et Budzinski, H. (2007). Seasonal variations of hydrophobic organic contaminant concentrations in the water-column of the Seine Estuary and their transfer to a planktonic species *Eurytemora affinis* (Calanoida, copepoda). Part 1: PCBs and PAHs. *Chemosphere* 70(2), 270-280.
- Chebbo G. et Saget A. (1995). Pollution of urban wet weather discharges. In: *Encyclopedia of environmental biology*, Academic press 171-182.
- Dargnat C., Teil MJ., Chevreuil M. et Blanchard M. (2009). Phthalate removal throughout wastewater treatment plant: Case study of Marne Aval station (France). *Sci. Total Environ.* 407(1), 1235-1244.
- Eganhouse, R.P. et Sherblom, P.M. (2001). Anthropogenic organic contaminants in the effluent of a combined sewer overflow: impact on Boston Harbor. *Mar. Environ. Res.* 51, 51-74.

- Estebe A., Boudries H., Mouchel JM. et Thevenot D. (1997). Urban runoff impacts on particulate metal and hydrocarbon concentrations in river seine: Suspended solid and sediment transport. *Water Sci. Technol.* 36(8-9), 185-193.
- Even S., Mouchel J.M., Servais P., Flipo N., Poulin M., Blanc S., Chabanel M. et Paffoni C. (2007). "Modelling the impacts of Combined Sewer Overflows on the river Seine water quality." *Sci. Total Environ.* 375(1-3), 140-151.
- Gasperi J., Rocher V., Moilleron R. et Chebbo G. (2007). "Review on the hydrocarbon fate within combined sewers: case of the "Le Marais" urban catchment (1994-2004)". *Poly. Aro. Comp.* 27(2): 123-141.
- Gasperi J., Garnaud S., Rocher V. et Moilleron R. (2008). Priority pollutants in wastewater and combined sewer overflow *Sci. Total Environ.* 407(1), 263-272.
- Gasperi J., Garnaud S., Rocher V. et Moilleron R. (2009). Priority pollutants in surface water and settleable particles within a heavily urbanized area: case of Paris (France). *Sci. Total Environ.* 407(8), 2900-2908.
- Giger W., Gabriel F.L.P., Jonkers N., Wettstein F.E. et Kohler H.P.E. (2009). Environmental fate of phenolic endocrine disruptors: field and laboratory studies. *Philosophical Transactions of the Royal Society a-Mathematical Physical and Engineering Sciences* 367, 3941-3963.
- Gromaire MC. (1998). La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire: origines et caractéristiques. PhD thesis, Sciences et Techniques de l'Environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 507 p.
- Kafi M. (2006). Variabilité spatiale des caractéristiques et des origines de la pollution de temps de pluie en réseau d'assainissement unitaire. PhD thesis, Sciences et Techniques de l'Environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 500 p.
- Kafi M., Gasperi J., Moilleron R., Gromaire M.C. et Chebbo G. (2008). Spatial variability of the characteristics of combined wet weather pollutant loads in Paris. *Water Res.* 42, 539-549.
- Legret M. et Pagotto C. (1999). Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *Sci. Total Environ.* 235(1-3), 143-150.
- Palmquist H. et Hanæus J. Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. *Sci. Total Environ.* 348(1-3), 151-163.
- Rocher V., Azimi S., Gasperi J., Beuvin L., Muller M., Moilleron R. et Chebbo G. (2004). Hydrocarbons and metals in atmospheric deposition and roof runoff in central Paris. *Water Air Soil Pollut.* 159(1), 67-86.
- Rule KL., Comber S., Ross D., Thornton A., Makropoulos CK. et Rautiu R. (20006a). Diffuse sources of heavy metals entering an urban wastewater catchment. *Chemosphere* 63(1), 64-72.
- Rule KL., Comber S., Ross D., Thornton A., Makropoulos CK. et Rautiu R. (2006b). Sources of priority substances entering an urban wastewater catchment - trace organic chemicals. *Chemosphere* 63(4), 581-591.
- Soclo H., Garrigues P. et Ewald M. (2000). Origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coastal marine sediments: case studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) areas. *Mar. Chem.* 40(5), 387-396.

Sörme L. et Lagerkvist R. (2002). Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. *Sci. Total Environ.* 298(1-3), 131-145.

Teil MJ., Blanchard M., Dargnat C., Larcher-Tiphagne K. et Chevreuil M. (2007). Occurrence of phthalate diesters in rivers of the Paris district (France). *Hydrol. Processes* 21(18), 2515-2525.

Ying G., Williams B. et Kookana R. (2002). Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates--a review. *Environ. Int.* 28(3), 215-226.

Welker A. (2007). Occurrence and fate of organic pollutants in combined sewer systems and possible impacts on receiving waters. *Water Sci. Technol.* 56(10), 141-148.